

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 3, 2025 vol. 2
E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT
RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

**E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164**

**VOLUME 2, ISSUE 3
SEPTEMBER, 2025**



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “Journal of Transport” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area

O.M. Mirzakhidova¹^a, K.S. Lesov¹^b, M.K. Kenzhaliев¹^c, A.Kh. Mavlanov¹^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

Rail joints are the most stressed zones of the railway track, where maximum dynamic loads are concentrated, leading to accelerated wear of the ballast layer and subgrade. This paper investigates the effect of geosynthetic reinforcement on the redistribution of vertical stresses in rail joints under an axle load of 25 t. Three scenarios were analyzed: without reinforcement, with geotextile of 400 g/m², and with combined reinforcement using geotextile of 400 g/m² together with a 40×40 mm geogrid.

The results showed that the use of geotextile reduced maximum stresses under the sleeper by 15–20 %, while combined reinforcement with geotextile and geogrid achieved a reduction of 25–30 %. At depths up to 0.8 m, the decrease in vertical stresses reached 8–12 % and 15–20 %, respectively. It was also found that the exponential model adequately describes the attenuation pattern of vertical stresses $\sigma(z)$ with depth.

The practical significance of the study lies in the substantiation of constructive and technological solutions aimed at increasing the durability of the ballast and subgrade, extending maintenance intervals, and reducing operating costs of railway infrastructure.

Keywords:

rail joint, geosynthetics, geotextile, geogrid, vertical stresses, reinforcement, track foundation stability, subgrade

Влияние армирования геосинтетическими материалами на перераспределение вертикальных напряжений и повышение устойчивости основания в зоне рельсовых стыков

Мирзахидова О.М.¹^a, Лесов К.С.¹^b, Кенжалиев М.К.¹^c, Мавланов А.Х.¹^d

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Annotatsiya:

Рельсовыестыки являются наиболее напряжёнными зонами железнодорожного пути, где локализуются максимальные динамические нагрузки, что приводит к ускоренному износу балластного слоя и земляного полотна. В статье рассмотрено влияние армирования геосинтетическими материалами на перераспределение вертикальных напряжений в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс. Проведены расчёты по трём сценариям: без армирования, с применением геотекстиля плотностью 400 г/м², а также с использованием геотекстиля 400 г/м² в сочетании с плоской георешёткой 40×40 мм.

Результаты показали, что применение геотекстиля снижает максимальные напряжения под шпалой на 15–20 %, а комбинированное армирование геотекстилем и георешёткой – на 25–30 %. На глубине до 0,8 м уменьшение напряжений составило 8–12 % и 15–20 % соответственно. Установлено, что экспоненциальная модель адекватно описывает закономерность затухания напряжений $\sigma(z)$ с глубиной.

Практическая значимость работы заключается в обосновании конструктивно-технологических решений, направленных на повышение долговечности балластного слоя и земляного полотна, продление межремонтных сроков и снижение эксплуатационных расходов.

Kalit so'zlar:

рельсовый стык, геосинтетические материалы, геотекстиль, плоская георешётка, вертикальные напряжения, армирование, устойчивость основания, земляное полотно

1. Введение

Рельсовые стыки традиционно остаются наиболее уязвимыми участками железнодорожного пути. В зоне стыков концентрируются динамические нагрузки от

подвижного состава, что вызывает локальное повышение вертикальных напряжений в балластном слое и основной площадке земляного полотна. Это приводит к ускоренному износу шпал и балласта, накоплению остаточных деформаций и, как следствие, к

^a <https://orcid.org/0000-0001-6247-1869>
^b <https://orcid.org/0000-0002-9434-0713>

^c <https://orcid.org/0000-0003-4622-5937>
^d <https://orcid.org/0009-0001-7779-9004>



сокращению межремонтных сроков и росту эксплуатационных расходов [1-4].

Современные тенденции развития железнодорожного транспорта, связанные с увеличением осевых нагрузок до 23,5–25 тс и ростом скоростей движения, усиливают негативное влияние стыков на долговечность пути. Поэтому вопросы снижения концентрации напряжений и повышения устойчивости основания в этих зонах приобретают особую актуальность [8-16].

Одним из перспективных направлений инженерной защиты земляного полотна является применение геосинтетических материалов. Геотекстиль и плоская георешётка позволяют перераспределить нагрузку от шпал на большую площадь основания, снижать локальные напряжения и замедлять процессы деформации. Эффективность геосинтетического армирования подтверждена исследованиями (Indraratna, Raymond, Шахунянц, Ашпиз Е.С., Афанасьев и др.), однако большинство работ сосредоточено на общих вопросах устойчивости земляного полотна и армирования в межстыковых зонах. Влияние геосинтетического армирования именно в рельсовых стыках изучено недостаточно [1-7].

Анализ натурных и расчётных исследований показывает, что распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ в зоне стыков можно описать экспоненциальными зависимостями, характеризующими затухание напряжений с глубиной. При этом параметры моделей существенно зависят от конструктивных решений и применения армирующих прослоек. Следовательно, количественная оценка эффекта армирования геосинтетическими материалами в рельсовых стыках является важной научной и практической задачей [17-20].

Целью настоящего исследования является оценка влияния армирования геотекстилем и плоской георешёткой на перераспределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ и повышение устойчивости основания в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс.

2. Методология исследования

Объектом исследования является железнодорожное полотно в зоне рельсовых стыков. В расчётах принята осевая нагрузка 25 тс. Для оценки влияния армирования на напряжённое состояние основания были проанализированы три сценария: без армирования, с геотекстилем плотностью 400 г/м² и с геотекстилем 400 г/м² в сочетании с плоской георешёткой 40×40 мм [4-8].

Расчётная схема основывалась на модели балки на упругом основании.

Реакция шпал задавалась в виде коэффициентов распределения:

- критическая шпала (под колесом у торца рельса): $c_0=0,55-0,65$;
- первая соседняя: $c_1=0,18-0,22$;
- вторая: $c_2=0,08-0,10$;
- третья: $c_3=0,03-0,05$.

Для расчётных сценариев коэффициенты корректировались с учётом армирования (снижение доли c_0 и увеличение эффективной площади контакта шпалы A_{eff}).

Для определения напряжений использованы зависимости:

Среднее давление под шпалой

$$\sigma_0 = \frac{R_0}{A_{eff}}$$

σ_0 – среднее вертикальное давление под шпалой, МПа;

R_0 – реакция основания под критической шпалой, кН;

A_{eff} – эффективная площадь контакта шпалы с балластом, м².

Нагрузка от колеса передаётся на шпалу и далее на балласт. Чем больше реакция R_0 , тем выше напряжение. Увеличение площади контакта A_{eff} (за счёт упругих подрельсовых элементов или армирования) снижает среднее давление. Это соответствует закону механики контакта: при одинаковой силе распределение на большую площадь уменьшает напряжение.

Передача напряжений по глубине

$$\sigma(z) = \sigma_0 e^{-az}$$

$\sigma(z)$ – вертикальное напряжение на глубине z , МПа;

σ_0 – давление под шпалой;

z – глубина от подошвы шпалы, м;

a – коэффициент затухания, м⁻¹.

Вертикальные напряжения затухают по мере углубления в конструктивные слои пути. Экспоненциальная зависимость отражает физический процесс диссипации напряжений в грунтовой среде.

Без армирования: $a\approx 2,35$ м⁻¹. Затухание происходит быстрее, так как нагрузка концентрирована в верхних слоях.

С геотекстилем: $a\approx 2,15$ м⁻¹. Процесс более плавный, так как армирование увеличивает зону перераспределения.

С геотекстилем и плоской георешёткой: $a\approx 1,95$ м⁻¹. Затухание ещё медленнее, так как армирование эффективно «растягивает» нагрузку по глубине, снижая её концентрацию в верхних слоях.

σ_0 показывает стартовый уровень напряжения под шпалой;

a определяет скорость затухания напряжений в толще балласта и грунта;

чем меньше a , тем глубже распространяется нагрузка, и тем равномернее распределяется напряжённое состояние основания.

В качестве контрольных точек приняты:

- поверхность под шпалой – $z=0,00$ м;
- нижняя граница балластного слоя – $z=0,35$ м;
- основание земляного полотна (ОПЗП) – $z=0,55$ м;
- глубже в грунте – $z=0,77$ м.

3. Результаты и обсуждение

Распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ при осевой нагрузке 25 тс представлено в таблице 1 и на рисунке 1.

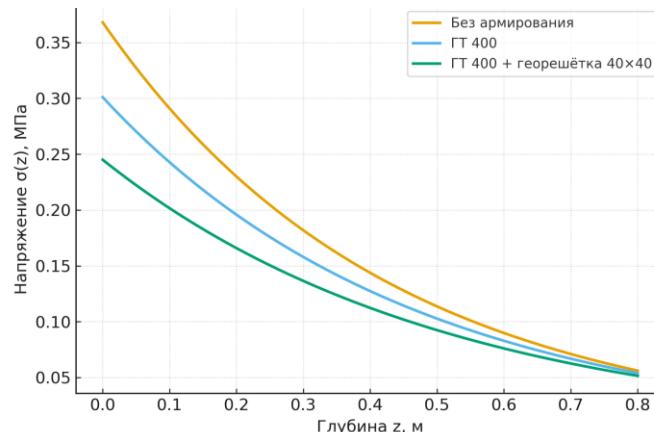
В результате расчётов получено распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс для трёх сценариев: без армирования, с геотекстилем 400 г/м² и с комбинацией геотекстиля 400 г/м² и плоской георешёткой 40×40мм (таблица 1, рисунок 1).



Таблица 1

Расчётные напряжения $\sigma(z)$ при осевой нагрузке 25 тс

Сценарий	σ_0 (МПа)	$z=0.00$ м	$z=0.35$ м	$z=0.55$ м	$z=0.77$ м
Без армирования	0.368	0.368	0.162	0.101	0.060
Геотекстиль 400 г/м ²	0.301	0.301	0.142	0.092	0.058
ГТ 400+георешётка 40×40	0.245	0.245	0.124	0.084	0.055

Рис. 1. Распределение $\sigma(z)$ в стыке при осевой нагрузке 25 тс
(три кривые: без армирования, ГТ 400, ГТ+плоская георешётка)

Наибольший эффект армирования проявляется непосредственно в зоне контакта шпалы с балластом (σ_0), однако положительное влияние сохраняется и в нижних слоях основания. Характер кривых $\sigma(z)$ для всех сценариев имеет экспоненциальный вид, что подтверждает корректность выбранной модели передачи напряжений по глубине.

Обсуждение. Полученные результаты подтвердили ключевую гипотезу исследования: применение геосинтетических материалов в зоне рельсовых стыков позволяет снизить концентрацию вертикальных напряжений и обеспечить более равномерное распределение нагрузки в основании пути.

В базовом сценарии без армирования напряжение под шпалой составило 0,368 МПа, что примерно в 1,7–1,8 раза выше, чем в межстыковых пролётах, согласно данным натурных наблюдений. Такая локализация нагрузки приводит к ускоренному износу шпал, балласта и земляного полотна, сокращая межремонтные сроки.

Применение геотекстиля 400 г/м² позволило снизить напряжения под шпалой на 15–20 % и на глубине 0,55–0,77 м на 8–12 %. Эти значения согласуются с результатами зарубежных исследований (Indraratna, Bathurst), где отмечалось, что геотекстиль выполняет роль фильтрующего и разделительного слоя, повышая эффективную площадь контакта и снижая локальные пики напряжений. [5,6]

Наибольший эффект показала комбинация геотекстиля 400 г/м² и плоской георешётки 40×40 мм. В этом случае снижение напряжений под шпалой составило 25–30 %, а в нижних слоях основания – до 15–20 %. Аналогичные результаты приведены в работах (Шахунянц, Ашпиз), где отмечено, что использование георешётки способствует перераспределению реакции между шпалами, снижению коэффициента σ_0 и более равномерному распределению усилий.[1,2]

Таким образом, полученные данные подтверждают эффективность комбинированного армирования, позволяющего замедлить деградацию балластного слоя и основной площадки земляного полотна. Практический эффект выражается в продлении межремонтных сроков, снижении эксплуатационных затрат и повышении устойчивости пути при осевых нагрузках до 25 тс.

4. Выводы

1. В рельсовых стыках напряжения под шпалой возрастают в 1,7–1,8 раза по сравнению с межстыковыми участками.
2. Геотекстиль 400 г/м² снижает σ_0 на 15–20 % и $\sigma(z)$ на глубине на 8–12 %.
3. Комбинация геотекстиля и георешётки обеспечивает снижение σ_0 на 25–30 % и напряжений в нижних слоях на 15–20 %.
4. Эффект армирования наиболее выражен под шпалой, но сохраняется и на глубине до 0,8 м.
5. Армирование геосинтетическими материалами является эффективным решением для повышения долговечности и устойчивости пути при осевых нагрузках до 25 тс.

Список использованной литературы / References

- [1] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 520 с.
- [2] Ашпиз Е.С. Мониторинг земляного полотна, направленный на обеспечение непрерывности движения поездов // В сб.: Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. Труды XVI Международной научно технической конференции. Чтения посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца. 2020. С.19-24.



- [3] Бабков В.Ф. Железнодорожный путь и его эксплуатация. – М.: Маршрут, 2003. – 448 с.
- [4] Афанасьев В.И., Лебедев В.А. Основы проектирования и содержания верхнего строения пути. – М.: ФГБОУ «МИИТ», 2012. – 312 с.
- [5] Indraratna B., Salim W., Rujikiatkamjorn C. Advanced Rail Geotechnology – Ballasted Track. – CRC Press, 2011. – 414 p.
- [6] Bathurst R.J., Jarrett P.M. Performance of geogrid-reinforced ballast layers in track beds // Canadian Geotechnical Journal. – 1988. – Vol. 25(3). – P. 511–522.
- [7] Raymond G.P. Geotextiles and geogrids in railway trackbeds // Trë ansportation Research Record. – 1999. – Vol. 1653. – P. 25–31.
- [8] UIC Code 719R. Earthworks and Track-bed Construction for Railway Lines. – Paris: International Union of Railways, 2008.
- [9] О'з DSt 3519:2021 Ер копламаси қатламларини ажратиш учун геосинтетик материаллар. Техникавий шартлар Тошкент: Ўзстандарт агентлиги 2021
- [10] ШНҚ 2.05.01-23 “Темир йўллар. Лойиҳалаш талаблари” шаҳарсозлик нормалари ва коидалар. Ўзбекистон Республикаси Курилиш вазирлиги-Тошкент, 2024 й.
- [11] КР 02.01-23 “Ер иншоатлари. Заминлар ва пойдеворлар” курилиш регламенти Ўзбекистон Республикаси курилиш ва уй-жой коммунал хўжалиги вазирлиги, Тошкент -2023 й.
- [12] Положение о системе ведения путевого хозяйства АО«Узбекистон темир йуллари», введенное в действие приказом № 730-Н от 10 декабря 2024 года.
- [13] ВСН 354-Н. Ведомственные технические указания по проектированию земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. Ташкент, 2011. ГАЖК «УТИ».
- [14] ВСН 213-88. Инструкция по проектированию земляного полотна железных дорог в районах с сыпучими песками. – М.: МПС СССР, 1988.
- [15] Инструкция по устройству и содержанию земляного полотна железных дорог (ЦП-530). – М.: Росжелдор, 2010.
- [16] СП 32.13330.2018. Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования. – М.: Минстрой России, 2018.
- [17] ГОСТ Р 55050–2012. Материалы геосинтетические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.
- [18] Лесов К. С., Абдулжабаров А. Х., Кенжалиев М. К. Технология усиления основной площадки земляного полотна в зонах рельсовых стыков с применением геотекстиля // Известия Транссиба. – 2022. – №4 (52). – С. 106 – 114.
- [19] Лесов К.С., Бондаренко А.А., Абдулжабаров А.Х., Кенжалиев М.К.-угли. Результаты усиления земляного полотна // Путь и путевое хозяйство. – 2024. – № 9. – С. 18–21
- [20] Мирзахидова О.М., Лесов, К.С., Уралов А.Ш., Кенжалиев, М.К. Повышение устойчивости пути в зонах рельсовых стыков за счёт применения геосинтетических армирующих материалов// Journal Engineer .-120-122, Special Issue|2025
- [21] Lesov K. S., Kenjaliyev M. K., Mavlanov A. Kh., Tadjibaev Sh. M. Stability of the embankment of fine sand reinforced with geosynthetic materials. E3S Web of Conferences. 2021, no. 264, pp. 02011. DOI: 10.1051/e3sconf/202126402011
- [22] Руководство по применению геотекстиля, георешёток и дренажных труб в транспортном строительстве Республики Узбекистан. – Ташкент: Госкомдорстрой РУз, 2023. – 56.

Информация об авторах / Information about the authors

Мирзахидова Озода Мирабдуллаевна / Ozoda Mirzakhidova	Ташкентский государственный транспортный университет, Базовый докторант кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (897) 443-14-11 E-mail: ozoda_27@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-6247-1869
Лесов Кувандик Сагинович / Kuvandik Lesov	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук, профессор кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (871) 299-03-80. E-mail: kuvandikl@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9434-0713
Кенжалиев Мухамедали Казбек угли / Mukhamedali Kenzhaliev	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук, профессор кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (871) 299-03-80. E-mail: kuvandikl@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-4622-5937
Мавланов Ахмаджан Хакимжанович / Mavlanov Akhmadjan	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук (Ph.D) доцент кафедры «Инженерия железных дорог», Тел.: +99 (871) 299-03-52. E-mail: max23011970@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-7779-9004



U. Shermukhamedov, D. Gulomov <i>Analysis of methods for calculating long-span multi-span structures for seismic stresses</i>	177
N. Irgashev <i>Modern approaches to remote monitoring of rolling stock axle-box condition based on microprocessor systems.....</i>	183
M. Aliev, R. Aliev <i>Calculation methods for station tonal current receiving rail circuits</i>	188
O. Mirzakhidova, K. Lesov, M. Kenzhaliev, A. Mavlanov <i>The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area</i>	193